


THOMSON

DELPHION

RESEARCH

PRODUCTS

INSIDE DELPHION

[Log Out](#) | [Work Files](#) | [Saved Searches](#) | [My Account](#) | [Products](#)

Search: [Quick/Number](#) [Boolean](#) [Advanced](#)

The Delphion Integrated View

Get Now: ☒ PDF | [More choices...](#)

Tools: [Add to Work File](#) | [Create new Wo](#)

View: [INPADOC](#) | Jump to: [Top](#)

Go to: [Derwent...](#)
☒ Email

? Title: JP63010562A2: TRANSISTOR ELEMENT

? Country: JP Japan

? Kind: A

? Inventor: ISODA SATORU;

? Assignee: MITSUBISHI ELECTRIC CORP
[News, Profiles, Stocks and More about this company](#)

? Published / Filed: 1988-01-18 / 1986-07-01

? Application Number: JP1986000155447

? IPC Code: H01L 29/28;

? Priority Number: 1986-07-01 JP1986000155447

? Abstract:

PURPOSE: To enhance the density and to accelerate the operation of an integrated circuit using transistor elements by forming first, second and third electron transmission protein films of electron transmission proteins having different redox potentials to each other.

CONSTITUTION: After an organic thin film 23 made of organic molecules or organic metal complex is formed by a depositing method on an electrode 17, electrodes 20 are formed on a first electron transmission protein film 18. At this time it is so formed at low temperature as not to damage the protein. Then, cytochrome (c) solution is dropped to the water surface of a water tank to form a single molecule film of cytochrome (c) on the water surface. When a substrate 16 formed with the proteins 18 and the electrodes 20 is inserted perpendicularly to the tank having the film of the cytochrome (c) to be dipped, a cytochrome (c) film is bonded on the first film 18 to form a second electron transmission protein film 19 bonded to the electrode 20. Similarly, a flavodoxin film is bonded on the film 19 of the substrate 16 to form a third electron transmission protein film 21, and an organic thin film 24 and an electrode 22 are formed thereon.

COPYRIGHT: (C)1988,JPO&Japio

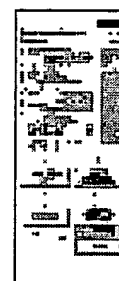
? INPADOC None

Get Now: [Family Legal Status Report](#)

Legal Status:

? Family: [Show 2 known family members](#)

? Other Abstract DERABS G88-053792 DERG88-053792



Info:

[Nominate](#)[this for the Gallery...](#)

© 1997-2003 Thomson Delphion

[Research Subscriptions](#) | [Privacy Policy](#) | [Terms & Conditions](#) | [Site Map](#) | [Contact Us](#)

⑨ 日本国特許庁(JP)

⑩ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭63-10562

⑤ Int. Cl.⁴

H 01 L 29/28

識別記号

庁内整理番号

6835-5F

④ 公開 昭和63年(1988)1月18日

審査請求 未請求 発明の数 1 (全7頁)

⑬ 発明の名称 トランジスタ素子

⑮ 特 願 昭61-155447

⑯ 出 願 昭61(1986)7月1日

⑰ 発 明 者 磯 田 悟 兵庫県尼崎市塚口本町8丁目1番1号 三菱電機株式会社
中央研究所内

⑱ 出 願 人 三菱電機株式会社 東京都千代田区丸の内2丁目2番3号

⑲ 代 理 人 弁理士 早瀬 憲一

明 細 書

1. 発明の名称

トランジスタ素子

2. 特許請求の範囲

(1) 電子を一定方向に伝達可能な第1電子伝達蛋白質で作成された第1電子伝達蛋白質膜と、

上記第1電子伝達蛋白質のレドックス電位と異なるレドックス電位を有する第2電子伝達蛋白質で作成され、上記第1電子伝達蛋白質膜上に累積して接着接合された第2電子伝達蛋白質膜と、

上記第2電子伝達蛋白質と異なるレドックス電位を有する第3電子伝達蛋白質で作成され、上記第2電子伝達蛋白質膜上に累積して接着接合された第3電子伝達蛋白質膜と、

それぞれ上記第1、第2、第3電子伝達蛋白質膜に接続された第1、第2、第3の電極と、

上記第1の電極と第1電子伝達蛋白質膜間及び第3の電極と第3電子伝達蛋白質膜間に設けられ、上記電子伝達蛋白質を配向支持しかつ上記両電子伝達蛋白質膜とそれらの電極との間の電流の授受

を良好とする有機分子又は有機金属錯体からなる有機薄膜とを備え、

上記各電子伝達蛋白質のレドックス電位の違いを利用してトランジスタ特性又はスイッチング特性を呈するようにしたことを特徴とするトランジスタ素子。

(2) 上記電子伝達蛋白質は、非ヘム鉄・硫黄蛋白質、チトクロームc系蛋白質、チトクロームb系蛋白質、チトクロームa、フラボドキシン、プラストシアニン、又はチオレドキシンであることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載のトランジスタ素子。

(3) 上記電子伝達蛋白質膜は単分子膜であることを特徴とする特許請求の範囲第1項又は第2項記載のトランジスタ素子。

(4) 上記電子伝達蛋白質への電子の供給に酵素を利用するようにしたことを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第3項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(5) 上記各電極は金属電極であることを特徴と

する特許請求の範囲第1項ないし第4項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(6) 上記各電子伝達蛋白質膜は、その電子伝達蛋白質が、各膜が累積された方向と垂直な方向に電子が流れ、水平方向の隣接する電子伝達蛋白質分子間では電子の授受がなされないよう配向されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第5項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(7) 上記有機薄膜を構成する有機分子は脂質又は脂肪酸のいずれかであることを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第6項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(8) 上記第1の電極と第2の電極とは相互に直角に配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第7項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(9) 上記第1及び第2の電極は、それぞれ複数の平行な線状電極群であることを特徴とする特許請求の範囲第8項記載のトランジスタ素子。

(10) 上記第2の電極と第3の電極とは相互に直

角に配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項ないし第9項のいずれかに記載のトランジスタ素子。

(11) 上記第2及び第3の電極は、それぞれ複数の平行な線状電極群であることを特徴とする特許請求の範囲第10項記載のトランジスタ素子。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

この発明は、集積回路分野におけるトランジスタ素子に関するもので、生体材料を該素子の構成材料として用いることにより、そのサイズを生体分子レベルの超微細な大きさ(数十～数百Å)に近づけることができ、高密度、高速化を図ることができるようにしたものである。

(従来の技術)

従来、集積回路に用いられているトランジスタ素子としては、第7図に示す電界効果型トランジスタ(FET)があった。図において、1はn形シリコン基板、2はチャンネル領域、3はP⁺層、4はSiO₂膜、5はソース電極、6はゲート電

極、7はドレイン電極であり、この従来のFETをトランジスタ動作又はスイッチング動作させるには、ゲート電極に印加するゲート電圧を制御して行。即ち、ゲート電圧によってソース電極5とドレイン電極7間の表面層における電流キャリア数を変化させれば、これにより電流が制御される。

(発明が解決しようとする問題点)

従来のトランジスタ素子は以上のように構成されているため、微細加工が可能であり、現在では上記構造のトランジスタ素子あるいはこれと類似の構造の整流素子を用いたLSIとして256KビットLSIが実用化されている。

ところで、集積回路のメモリ容量と演算速度を上昇させるには、素子そのものの微細化が不可欠であるが、LSIを用いる素子では0.2μm程度の超微細パターンで電子の平均自由行程と素子サイズとがほぼ等しくなり、素子の独立性が保たれなくなるという限界を抱えている。このように、日々発展を続けているシリコンテクノロジーも、

微細化の点ではいずれは壁に突きあたるのが予想され、新しい原理に基づく電気回路素子であって上記0.2μmの壁を破ることのできるものが求められている。

この発明は、かかる状況に鑑みてなされたもので、生体材料を電気回路素子の構成材料として用いることにより、そのサイズを生体分子レベルの超微細な大きさにまで近づけることのできる電気回路素子を、特にそのうちのトランジスタ素子を提供することを目的とする。

(問題点を解決するための手段)

ところで、微生物の生体膜及び高等生物のミトコンドリアの内膜中には、それぞれ機能は異なるが、H₂、有機酸、NAD(P)H(Nicotinamide Adenine Dinucleotide (Phosphate))などの還元性の化学物質から電子を引き抜く酵素蛋白質とともに、その引き抜かれた電子を生体膜の定められた方向に運ぶ電子伝達能を有する蛋白質(以下、電子伝達蛋白質と記す)が複数種類存在している。そしてこれらの電子伝達蛋白質は生体膜中に一定

の配向性をもって埋め込まれ、分子間で電子伝達が起るように特異的な分子間配置をとっている。

このように、電子伝達蛋白質は生体膜中で精巧な配置をもって連鎖状に並んでいるため、電子を蛋白質連鎖に沿って流すことが可能で、電子の動きを分子レベルで制御することができると考えられる。

第6図に電子伝達蛋白質の連鎖(電子伝達系)の一例として、ミトコンドリアの内膜の電子伝達系を模式的に示す。図において、8はミトコンドリアの内膜、9~15は電子伝達蛋白質であり、還元性有機物であるNADH(図中L)、コハク酸(図中M)からそれぞれNADH-Q還元酵素9、コハク酸脱水素酵素10により引き抜かれた電子は、NADH-Q還元酵素9、コハク酸脱水素酵素10→チトクロームb(11)→チトクロームc₁(12)→チトクロームc(13)→チトクロームa(14)→チトクロームa₃(15)の経路で伝達し、出口側Nで最終的に酸素に渡され、水を生ずる。

第6図に示した電子伝達蛋白質は電子伝達時に酸化還元(レドックス)反応を伴い、各電子伝達蛋白質のレドックス電位の負方向の準位から正方向の準位へと電子を流すことができる。

また、最近の知見によれば、同一生体内に存在している電子伝達蛋白質ばかりでなく、異種の生体内に存在する電子伝達蛋白質を組み合わせても電子伝達が可能な電子伝達蛋白質複合体を形成することが可能であることが示されている。

従って、適当なレドックス電位を持つ電子伝達蛋白質を2種類(A及びB)用い、これらをA-B-Aと3層に累積させれば、それらのレドックス電位の違いを利用してトランジスタ特性又はスイッチング特性を生ずる接合を形成できると考えられる。本件発明者はこのことに着目してこの発明を創作したものである。

即ち、本発明に係るトランジスタ素子は、相互に隣接する電子伝達蛋白質間でレドックス電位の異なる第1、第2、第3電子伝達蛋白質で作成された第1、第2、第3電子伝達蛋白質膜を順に接

着接合して設け、それぞれ上記第1、第2、第3電子伝達蛋白質膜に接続される第1、第2、第3の電極を設け、第1、第3の電極とそれに対応する電子伝達蛋白質膜間に有機薄膜を設けたものである。

(作用)

この発明においては、レドックス電位の異なる少なくとも2種類の3つの電子伝達蛋白質はトランジスタ特性又はスイッチング特性を呈する。即ち、第5図(a)、(b)に示すA-B-A型電子伝達蛋白質複合体の模式図とそのレドックス電位の関係を用いて説明すると、この電子伝達蛋白質A、B、Aを接合してなる複合体では、A、B、A蛋白質のレドックス電位の分布を、B蛋白質への印加電圧を制御して変化させることができ、これによりn型半導体とp型半導体とを接合してなるp-n-p接合と類似のトランジスタ特性又はスイッチング特性を呈する素子を得ることができる。

また、その際本発明においては、電極と電子伝達蛋白質膜との間に有機分子又は有機金属錯体か

らなる薄膜を設けたから、電子伝達蛋白質の配向が整えられ、また電極と電子伝達蛋白質膜との間の電流の授受が良好に行われる。

(実施例)

以下、本発明の実施例を図について説明する。第1図はこの発明の一実施例によるトランジスタ素子が組み込まれた装置の模式的断面構成図であり、図において、16は絶縁特性を持つ例えばガラス製基板、17はAg、Au、Alなどの金属製電極で、基板16上に複数条が平行に形成されている。23は上記金属製電極17上に累積された有機分子又は有機金属錯体からなる有機薄膜、18は電子伝達蛋白質であるフラボドキシンで作成された第1電子伝達蛋白質膜で、上記有機薄膜23上に形成されている。20は上記複数条の平行電極17と直角方向に形成された複数条の平行電極、19は電子伝達蛋白質であるチトクロームcで作成された第2電子伝達蛋白質膜で、第1電子伝達蛋白質膜18に累積して接着接合され、電極20に接合されている。21は電子伝達蛋白質

であるフラボドキシンで作成された第3電子伝達蛋白質膜で、上記第2電子伝達蛋白質膜19に累積して接着接合されている。24はこの第3電子伝達蛋白質膜21上に形成された有機薄膜、22は上記複数条の平行電極20と直角方向に形成された複数条の平行電極で、第3電子伝達蛋白質膜21上に上記有機薄膜24を介して形成されている。第2図は形成したトランジスタ素子を組み込んだ装置を分解して示す分解斜視図である。

このように構成されたトランジスタ素子は、第1図に示すような一定方向に電子伝達通路Eを有し、この電子伝達通路Eと交わるように形成された電極17と22間の電流の流れを、電極20に印加する電圧によって制御するものである。

次に上記装置の製造方法について説明する。

まず、基板16上に金属薄膜をイオンビーム法、分子線法、蒸着法等を利用して作成し、金属電極17を形成する。そして該電極17上に有機分子又は有機金属錯体からなる有機薄膜23を蒸着法等により形成する。次に上記電子伝達蛋白質とし

てのチトクロームcとフラボドキシンを用いて単分子膜及びそれらの累積膜を作成する訳であるが、これらの膜を作成するには、LB (Langmuir-Blodgett) 法を用いればよい。このLB法の詳細については、①電気学会雑誌、第55巻、204～213頁、昭和10年4月 (Iwing Langmuir)、②ジャーナル オブ アメリカン ケミカル ソサイエティ (X. Blodgett: Journal of American Chemical Society) 57巻、P1007、1935年、③杉 道夫ら、固体物理、Vol 17、P744～752、1982年、④ジャーナル オブ コロイド アンド インターフェイス サイエンス (Journal of Colloid and Interface Science) Vol 68、P471～477、1979年、などに記載されている。一例を説明すると、水槽の水面にフラボドキシン溶液を滴下し、水面にフラボドキシンの単分子膜を形成する。そしてこのフラボドキシン膜を形成した水槽に、電極17及び有機薄膜23を形成した基板16を垂直に挿入し浸して行くと、該電極17及び有機薄膜23を有する基板16にフラボドキシン膜が付着接

合し、第1電子伝達蛋白質膜18が作成される。このとき、基板16を水槽に挿入し浸していったが、逆に水面下から垂直に引き上げるようにして基板16上にフラボドキシン膜を形成するようにしてもよい。

次に上記と同様の方法で、上記第1電子伝達蛋白質膜18上に電極20を作成する。このとき、電子伝達蛋白質が破壊されないよう低温で作成する必要がある。続いて、水槽の水面にチトクロームc溶液を滴下し、水面にチトクロームcの単分子膜を形成する。そして上記第1電子伝達蛋白質18及び電極20が作成された基板16を、チトクロームcの膜を有する水槽に垂直に挿入し浸して行くと、第1電子伝達蛋白質膜18上にチトクロームc膜が付着接合し、電極20に接合した第2電子伝達蛋白質膜19が作成される。同様にして基板16の第2電子伝達蛋白質膜19上にフラボドキシン膜を付着接合して第3電子伝達蛋白質膜21を作成し、さらにこの上に有機薄膜26及び電極24を作成する。

なお、上記電子伝達蛋白質膜は、単分子膜であっても、また別の電子伝達蛋白質の膜をこれに重ねたものであってもよい。例えば第1電子伝達蛋白質を2層累積して形成した場合は、これらの両電子伝達蛋白質膜間のレドックス電位差は、第1、第2の両電子伝達蛋白質間のレドックス電位差より小さいものを選定する。各種の電子伝達蛋白質のレドックス電位は、「高野 常広著：蛋白質核酸酵素、27、P1543、1982年」に記載されており、チトクロームcとフラボドキシンのレドックス電位差は約665mVである。

また、上記例では有機薄膜23、24を形成するに際し、蒸着法等で形成する場合について述べたが、これは水面に滴下する電子伝達蛋白質溶液に予め有機分子としての脂質及び脂肪酸のいずれかを混合し、該混合溶液を水面に滴下して水面上に膜を形成し、これを基板に付着接合させるようにしてもよい。

その他有機薄膜及び電子伝達蛋白質膜の作成法としては、有機分子で表面を修飾して金属電極上

に有機薄膜を形成し、該電極を蛋白質溶液に浸漬して蛋白質分子を上記有機薄膜を有する電極上に吸着させる方法も考えられる。この方法においては、上記した蛋白質を吸着させる電極以外に1ないし2本の電極を溶液中に浸漬し、蛋白質を吸着させる電極と蛋白質溶液との間に正または負の電位を印加して蛋白質分子の電極への吸着を制御することも可能である。

次に作用効果について説明する。

第1図において、電極17と電極20間に第1電子伝達蛋白質膜18が介在しているが、第1電子伝達蛋白質膜18だけであれば、誘電体として作用するので両電極17と20間の絶縁は保たれる。しかし、上記のように第1、第2及び第3電子伝達蛋白質膜が配向を整えられて累積され、接合接合されると、電極17と22間の電子の授受が可能となる。即ち、電極20は第2電子伝達蛋白質膜19に対して絶縁的であるが、この電極20に電圧を印加することにより、第2の電子伝達蛋白質膜19に対して電気的影響を与えることが

できる。即ち電極20は従来のFETのゲート電極に相当し、電極17、22はそれぞれソース電極、ドレイン電極に相当する。

第3図(a)は本実施例のトランジスタ素子の電圧印加状態を示す模式図で、同図(b)はこのときの各電子伝達蛋白質膜のレドックス電位状態を示す図である。電極17と20との間に電極17側を正として電圧 V_1 を印加し、電極20と22との間に電極20側を正として電圧 V_2 を印加すると、レドックス電位状態は第3図(a)の実線のように変化する。同図の破線は電圧印加前の状態を示しており、 V_0 はチトクロームcとフラボドキシンのレドックス電位の差で、約665mVである。上記構成及び電圧印加によるレドックス電位の変化は、従来の半導体トランジスタ(p-n-p接合タイプ)と同様と考えられ、上記構成によりトランジスタ素子を分子レベルの超微細な大きさの素子として実現でき、該素子を用いて高密度化、高速度化が可能な集積回路が得られる。

また、上記実施例では電極と電子伝達蛋白質膜

との間に有機薄膜を形成しているもので、該薄膜の有機分子は蛋白質分子の配向支持を行なうものとなり、電子伝達蛋白質の配向が整えられる。これを第4図の模式図を用いてモデル的に説明すると、有機薄膜23、24を設けることにより、該膜の有機分子の凸部23a、24aとフラボドキシンの凹部18a、21aがはまりあい、これにより各蛋白質分子の配向が整えられることになる。また電極と電子伝達蛋白質とを直接接合させると、それらの間の電子の授受が困難となったり、蛋白質が変性してしまうことがあるが、本実施例ではそのような不具合も解消され、信頼性の高い素子を形成できる。

なお、上記実施例では第1及び第3電子伝達蛋白質とそれらの電極間に有機薄膜を設けた場合について説明したが、これらに加えて第2電子伝達蛋白質に接合される電極の両面にも上記同様の有機薄膜を設けるようにしてもよい。また電子伝達蛋白質への電子の供給に酵素を利用するようにしてもよい。

また、電子伝達蛋白質としては、非ヘム-鉄・硫黄蛋白質、チトクロームc系蛋白質、チトクロームb系蛋白質、チトクロームa、フラボドキシン、プラストシアニン、チオレドキシンなどがあり、これらのうちから第1、第2の電子伝達蛋白質を選択するにあたっては、分子間の配向と、電極が形成された基板に対する配向とが電子伝達に適したものを選定する。

また上記実施例では2種類の蛋白質の累積膜でトランジスタ素子を構成した場合について説明したが、これは3種類以上の蛋白質の累積膜として構成してもよい。

また、各電子伝達蛋白質は、異種電子伝達蛋白質間では一定方向のみに電子が流れるという性質を利用して累積膜に垂直な方向には電子が流れ、上記累積膜に平行な方向で隣接する電子伝達蛋白質分子間では電子の授受が起こらないような所定の分子配置をとるようLB法などで配向させることが望ましい。

また、本発明では金属電極と電子伝達蛋白質膜

間の電子の授受を良好にするために、それらの間に有機薄膜を設けたが、これは、金属電極を4, 4'-ビピリジル (bipyridyl)、2, 2'-ビピリジルなどで化学修飾しても同様の効果が期待できる。

(発明の効果)

以上のように、この発明によれば、相互にレドックス電位の異なる電子伝達蛋白質で第1, 第2, 第3の電子伝達蛋白質膜を形成し、各電子伝達蛋白質のレドックス電位の違いを利用してトランジスタ動作又はスイッチング動作を行わせるようにしたので、トランジスタ素子サイズを生体分子レベルの超微細な大きさに近づけることができ、該素子を用いた集積回路の高密度化、高速度化を図ることができる。また上記電子伝達蛋白質膜と電極との間に有機薄膜を設けたので、これにより電子伝達蛋白質の配向を良好にすることが可能となり、また蛋白質と電極間の電子の授受を良好とすることができ、かつ蛋白質の変性を防止できる効果がある。

4. 図面の簡単な説明

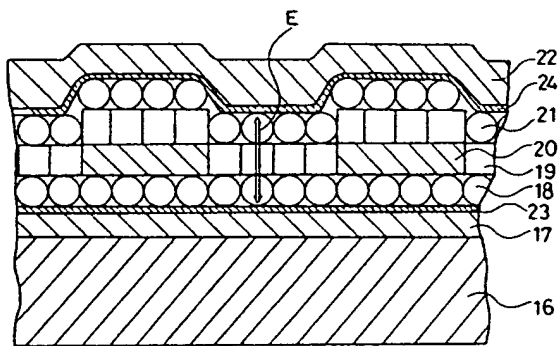
第1図は本発明の一実施例によるトランジスタ素子が組み込まれた装置の模式的断面構成図、第2図は該装置の分解斜視図、第3図(a)は上記トランジスタ素子の電圧印加状態を示す模式図、第3図(b)はその各電子伝達蛋白質膜のレドックス電位状態を示す図、第4図は上記トランジスタ素子中に形成された有機薄膜の作用効果を説明するための模式図、第5図(a)は電子伝達蛋白質複合体の模式図、第5図(b)はそのレドックス電位を示す図、第6図はミトコンドリアの内膜の電子伝達系を示す模式図、第7図は従来の電界効果型トランジスタ素子を示す断面図である。

17, 20, 22…電極、18…第1電子伝達蛋白質膜、19…第2電子伝達蛋白質膜、21…第3電子伝達蛋白質膜、23, 24…有機薄膜。

なお図中同一符号は同一又は相当部分を示す。

代理人 早 瀬 憲 一

第1図



16:基板

17, 20, 22:電極

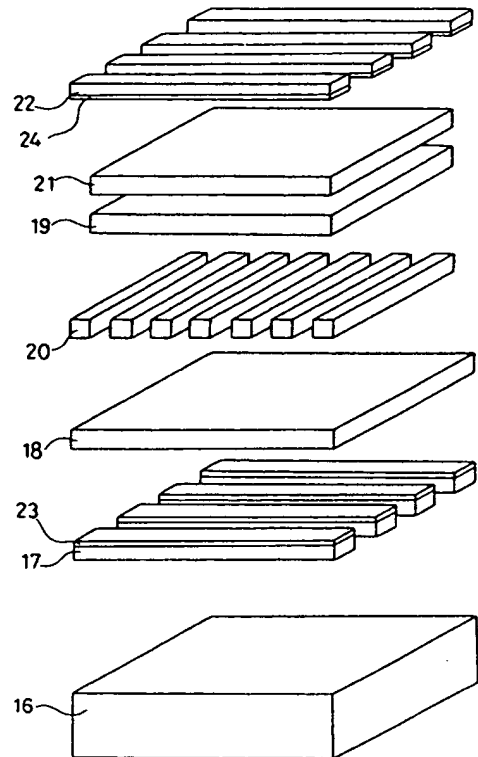
18:第1電子伝達蛋白質(フラボドキシ)膜

19:第2電子伝達蛋白質(チトクロムc)膜

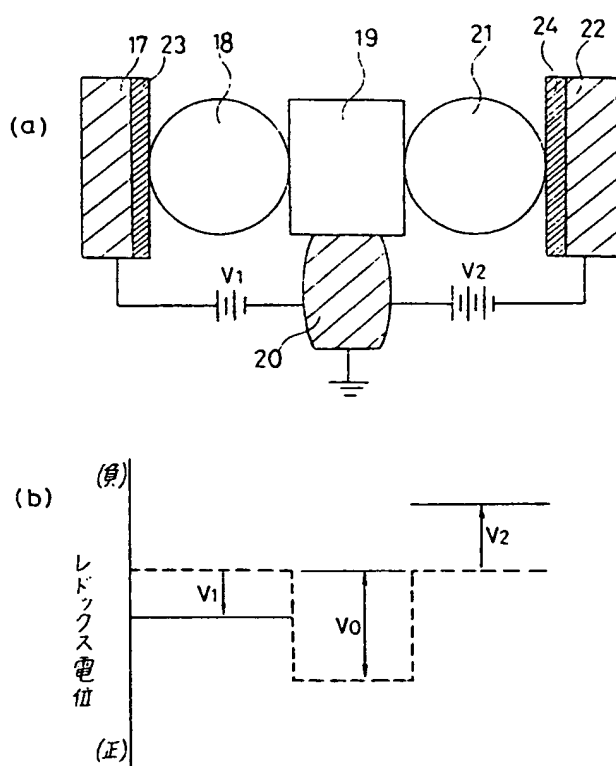
21:第3電子伝達蛋白質(フラボドキシ)膜

23, 24:有機薄膜

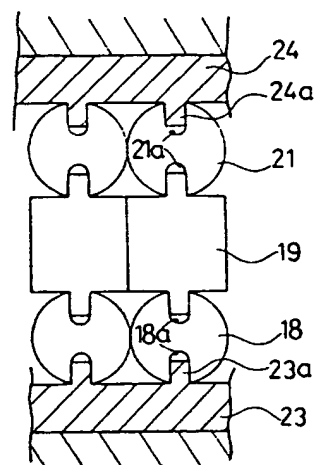
第2図



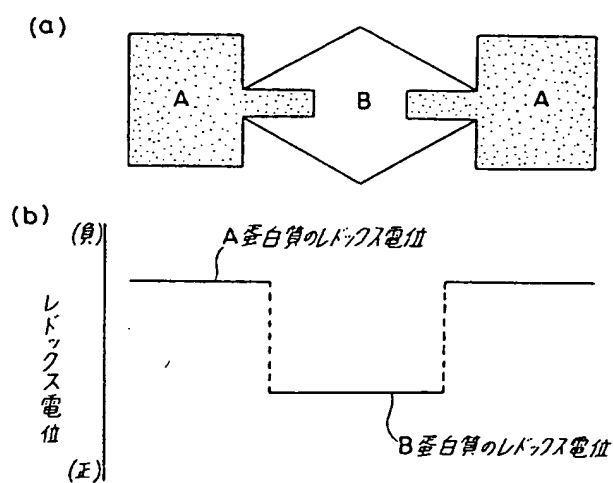
第 3 図



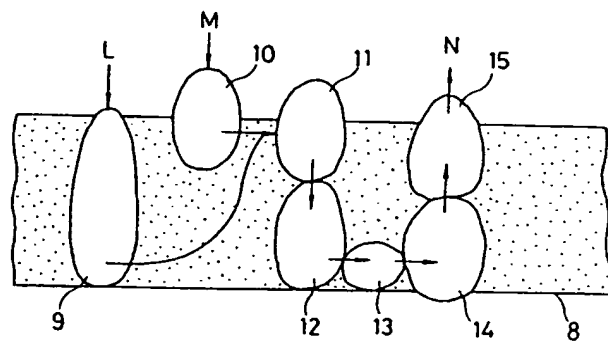
第 4 図



第 5 図



第 6 図



第 7 図

